МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ КАРТОГРАФІЧНИХ ДАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

З. Рижок, к. е. н.

ORCID ID: 0000-0003-0733-5658

Львівський національний аграрний університет<https://doi.org/10.31734/architecture2021.22.174>

Рижок З. Методика створення та візуалізації картографічних даних з використанням даних дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем

Визначено переваги геоінформаційного картографування з використанням даних дистанційного зондування Землі та наведено приклад створення карт і профілю рельєфу в геоінформаційній системі ArcGIS Earth. Досліджено, що геоінформаційне картографування являє собою технологічний процес збору й обробки геоінформації, формування геоінформаційних моделей, створення і ведення територіальних банків даних, створення цифрових карт місцевості та електронних карт. У процесі зображення рельєфу застосовано геоінформаційну систему ArcGIS Earth на основі зображення космічних знімків, що отримані із супутників USGS-NASA для об'єкта дослідження піщаного кар'єру біля села Давидів Пустомитівського району Львівської області. Тривимірне зображення рельєфу піщаного кар'єру одержане за допомогою шару Terrain 3D, що забезпечує візуалізацію карти в геоінформаційній програмі ArcGIS Earth. Щоб врахувати рельєф місцевості, у геоінформаційній системі ArcGIS Earth створено профіль висоти – графік, що відображає зміни висоти вздовж лінії на основі шару зображення піщаного кар'єру в Terrain 3D, що відображає крутість схилу $0,56^\circ$ для об'єкта дослідження. Відображено візуалізацію крутизни місцевості (5°) для об'єкта дослідження, що представляють масштабовані значення ухилу шару Terrain: Slope Map у ArcGIS Earth. Наведено приклад застосування шару Terrain: Aspect Map у ArcGIS Earth, що забезпечує кольорове представлення рельєфу за допомогою функції аспекту, відображає орієнтацію ухилу місцевості від 0° до 360° , а для об'єкта дослідження становить 196° на північ. Доведено, що економічна ефективність від застосування даних супутникових знімків досягається завдяки оптимальному використанню природних можливостей захисту земель від ерозії, заощадженню часу на розрахунок їх ерозійної небезпеки та коштів на протиерозійні заходи завдяки застосуванню тематичних шарів представлення рельєфу місцевості в геоінформаційних системах.

Ключові слова: візуалізація, рельєф, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи, ArcGIS Earth.

Ryzhok Z. Methods of creating and visualizing cartographic data using remote sensing data and geographic information systems

The advantages of geographic information mapping using remote sensing data of the Earth and giving an example of creating maps and terrain profile in the geographic information system ArcGIS Earth are identified. It is investigated that geoinformation mapping is a technological process of collecting and processing geoinformation, formation of geoinformation models, creation and maintenance of territorial data banks, creation of digital maps of the area and electronic maps. ArcGIS Earth geographic information system that was based on the image of space images obtained from USGS-NASA satellites for the sand quarry near the village of Davydiv, Pustomyty district, Lviv region, was used in the process of image relief. The three-dimensional image of the relief of the sand quarry was obtained using the Terrain 3D layer, which provided visualization of the map in the geographic information program ArcGIS Earth. Considering the terrain of the ArcGIS Earth geographic information system, an elevation profile is created, i.e. a graph showing the changes in height along the line based on the image layer of the sand pit in Terrain 3D, showing the slope steepness of 0.56° for the object. A visualization of the steepness of the terrain (5°) is displayed for the object of study, representing the scaled values of the slope of the Terrain: Slope Map layer in ArcGIS Earth. The following is an example of using the Terrain: Aspect Map layer in ArcGIS Earth, which provides a color representation of the terrain using the aspect function, displays the orientation of the slope from 0° to 360° , and for the object of study is 196° north. It is proved that the economic efficiency of the use of satellite images is achieved through an optimal use of natural land erosion protection opportunities, saving time in calculating their erosion risk and funds for erosion measures through the use of thematic layers of the terrain in geographic information systems.

Key words: visualization, relief, remote sensing of the Earth, geographic information systems, ArcGIS Earth.

Постановка проблеми. Рельєф визначає характер та розміщення компонентів ландшафту, а також є пов'язаним з іншими елементами змісту географічних і тематичних карт. В умовах впровадження у картографію ГІС-технологій викорис-

товують світлотіньове зображення рельєфу в поєднанні з гіпсометричним забарвленням. Процес автоматизації та об'єктивізації аналітичної відмовки рельєфу, а також включення відомостей про рельєф відбувається з використанням даних

дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем різного тематичного призначення. Водночас проблема відображення тривимірного рельєфу при створенні картографічних моделей потребує вдосконалення засобів геоінформаційних систем для його вивчення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Використання дистанційних методів зондування дає змогу стежити за змінами, що відбуваються на поверхні Землі. Учені С. М. Андрєєв [1], В. І. Зацерковний [2], О. В. Луньова [3], О. Г. Тараріко [4] застосовують супутниковий метод спостережень за станом довкілля на основі дистанційних методів, що дозволяє за космічними знімками стежити за змінами, що відбуваються на поверхні Землі. Однак проблема розв'язання задачі з підвищення наочності та виразності рельєфу на картах потребує наукового обґрунтування.

Постановка завдання. Наше завдання – визначення переваг геоінформаційного картографування з використанням даних дистанційного зондування Землі та наведення прикладу створення карт і профілю рельєфу в геоінформаційній системі ArcGIS Earth.

Виклад основного матеріалу. Картографія тісно пов'язана з геоінформатикою та дистанційним зондуванням Землі. Насамперед це стосується моделювання географічного простору під час реалізації відображення рельєфу у формі цифрових моделей. Візуалізація рельєфу має задовольняти практичні потреби в інформаційному забезпеченні різноманітних сфер науково-практичної діяльності людини оглядовими дрібномасштабними картами, що володіють властивостями достовірності, наочності, легкого та доступного сприйняття, а також високим ступенем естетичної привабливості.

Геоінформаційне картографування – технологічний процес збору й обробки геоінформації, формування геоінформаційних моделей, створення і ведення територіальних банків даних, створення цифрових карт місцевості та електронних карт [2]. У сучасних ГІС поверхні рельєфу можна картографувати трьома способами: за допомогою ізоліній (ізогіпсів), у вигляді растру, за допомогою нерегулярної триангуляційної мережі.

Під способом зображення рельєфу розуміють комплекс засобів для його відображення на карті, що враховують існуючі технології отримання та візуалізації інформації про поверхню Землі, а також задовольняють вимоги географічної

відповідності. У ґрунтовому дешифруванні дуже важливу роль відіграють непрямі ознаки, серед яких форма рельєфу, рослинність, геологічна будова, результати господарської діяльності людини та компоненти ландшафту. Для їх дешифрування застосовують дані дистанційного зондування Землі, що активно використовують у ГІС. Вони ґрунтуються на реєстрації і подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації від поверхні ґрунту, рослинності, води та інших об'єктів, що дозволяє одержати значно ширше охоплення території порівняно з наземними методами досліджень.

Дистанційне зондування Землі – це процес одержання інформації про стан об'єктів земної поверхні за даними вимірювань, отриманих на відстані від об'єкта, тобто без прямого контакту з об'єктом, за допомогою реєстрації електромагнітного випромінювання, що відбивається, поглинається чи розсіюється розміщеними на ній об'єктами [4].

Більшість сучасних карт створюють із застосуванням комбінованого підходу до зображення рельєфу. Базовими програмними продуктами для застосування в процесі зображення рельєфу визначено геоінформаційну систему ArcGIS Earth, що взаємодіє з ArcGIS Online та ArcGIS Pro (ESRI) через взаємно підтримувані формати графічних та табличних даних на основі зображення космічних знімків, що отримані із супутників USGS-NASA, а саме Terra і Aqua MODIS, ASTER, VIIRS. Для відображення інтерактивного вебкартографування застосовано базову карту Imagery with Labels у геоінформаційній системі ArcGIS Earth (рис. 1) з метою одержання доступу до галереї шарів рельєфу для об'єкта дослідження піщаного кар'єру біля села Давидів Пустомитівського району Львівської області.

Залежно від мети картографування одержані шари векторних об'єктів, створені інтеграцією технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційних систем, можуть бути подані у вигляді окремих тематичних карт, зокрема рослинності, ґрунтів, ландшафтів, порушення території, прояву екзогенних процесів тощо. Тематична карта відображення рельєфу місцевості піщаного кар'єру реалізує поставлену мету у вигляді певної моделі, створеної на основі аналізу ознак дешифрування космічних знімків. За допомогою діалогу «Керування шарами» можна регулювати показ тематичних шарів та установлювати свій масштабний ефект. Тривимірне зображення рельєфу піщаного кар'єру одержане за допомогою шару Terrain 3D, що забезпечує візуалізацію карти в геоінформаційній програмі ArcGIS Earth (рис. 2).

Рис. 1. Зображення об'єкта дослідження в геоінформаційній системі ArcGIS Earth

Рис. 2. Зображення об'єкта дослідження із застосуванням шару Terrain 3D в геоінформаційній системі ArcGIS Earth

Щоб врахувати рельєф місцевості, у геоінформаційній системі ArcGIS Earth створено профіль висоти – графік, що відображає зміни висоти вздовж лінії на основі шару зображення піщаного кар'єру в Terrain 3D (рис. 3). Створений профіль відображає не лише точну відстань, а й крутість схилу в межах до $0,56^\circ$ для об'єкта дослідження.

Ландшафтний спосіб оформлення карти передбачає зображення рельєфу у градієнтній шкалі з кольоровим відмиванням, що доповнюється

різними текстурами ландшафту, зокрема дрібними формами рельєфу, рослинним покривом, ґрунтами тощо. Шар Terrain: Slope Map у ArcGIS Earth забезпечує кольорове представлення схилу поверхні. Ступінь крутості схилів зображено від світлого до темного кольорів – плоскі поверхні у вигляді сірих, круті відображено у світло-жовтому кольорі, помірні – світло-оранжеві, круті – червоно-коричневі. Масштабування застосовано згідно зі значеннями схилу для створення відповідної візуалізації у різних масштабах карти. На рис. 4

відображено візуалізацію крутизни місцевості (5°) для об'єкта дослідження, що представляють масштабовані значення ухилу шару Terrain: Slope Map у ArcGIS Earth [6].

Шар Terrain: Aspect Map у ArcGIS Earth забезпечує кольорове представлення рельєфу, що динамічно генерується за допомогою функції

аспекту. Орієнтацію ухилу місцевості від 0° до 360° , що позначається різними кольорами, застосовуємо для візуалізації його напрямку в зеленому кольорі на північ, синьому – на схід, пурпуровому – південь, помаранчевому – захід, що для об'єкта дослідження становить 196° на північ (рис. 5) [5].

Рис. 3. Застосування інструменту «Elevation profile» для об'єкта дослідження із застосуванням шару Terrain 3D у геоінформаційній системі ArcGIS Earth

Рис. 4. Зображення об'єкта дослідження із застосуванням шару Terrain: Slope Map у геоінформаційній системі ArcGIS Earth

Рис. 5. Зображення об'єкта дослідження із застосуванням шару *Terrain: Aspect Map* у геоінформаційній системі *ArcGIS Earth*

Основні вимоги до зображення рельєфу на основі даних дистанційного зондування Землі у геоінформаційних системах передбачають:

- метричність зображення, що забезпечує можливість отримання по карті абсолютних висот і перевищень, характеристик кутів нахилу, розчленування місцевості;
- пластичність зображення – наочну передачу нерівностей рельєфу, що формує у користувача зоровий образ місцевості;
- морфологічну відповідність зображення, що виявляється у прагненні підкреслити топологічні особливості форм рельєфу та його структури) [1].

Висновки. Технологія дистанційного зондування Землі є спрямованою на вивчення екологічного стану довкілля, підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення, сприяння розвитку раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки. Економічна ефективність від застосування даних супутникових знімків досягається завдяки оптимальному використанню природних можливостей захисту земель від ерозії, заощадженню часу на розрахунок їх ерозійної не-

безпеки та коштів на протиерозійні заходи завдяки застосуванню тематичних шарів представлення рельєфу місцевості в геоінформаційних системах.

Бібліографічний список

1. Андрєєв С. М., Жилін В. А. Методика побудови гіпсометричних картографічних моделей рельєфу за даними дистанційного зондування Землі. *Сучасні інформаційні системи*. 2020. № 4. С. 11–22.
2. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О. Геоінформаційні системи і бази даних: монографія. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2017. Кн. 2. 237 с.
3. Луньова О. В., Буглак О. В. Методологічні засади застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища та програмне забезпечення досліджень. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2019. № 22. С. 27–34.
4. Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Агроекологічний супутниковий моніторинг. Київ: Аграр. наука, 2019. 204 с.
5. Terrain: Aspect Map. ArcGIS. URL: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=63fe6ad86c3d4536a3c44a0fbad0045e> (дата звернення: 04.05.2021).
6. Terrain: Slope Map. ArcGIS. URL: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=a1ba14d09df14f42ad6ca3c4bcebfb3b4> (дата звернення: 06.05.2021).

Стаття надійшла 11.05.2021